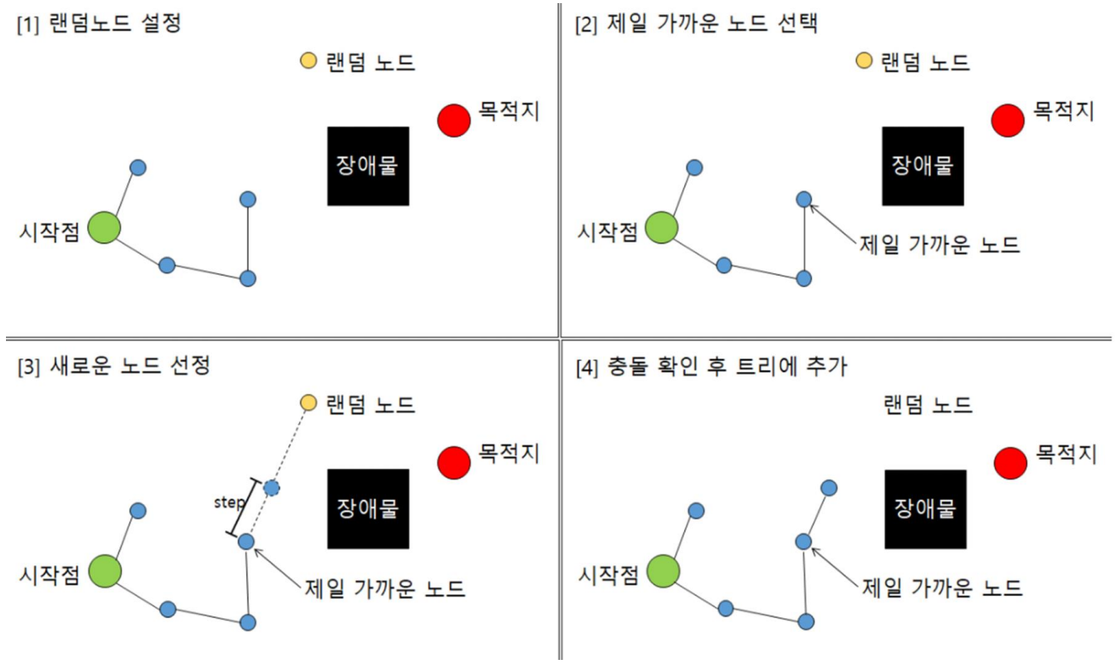
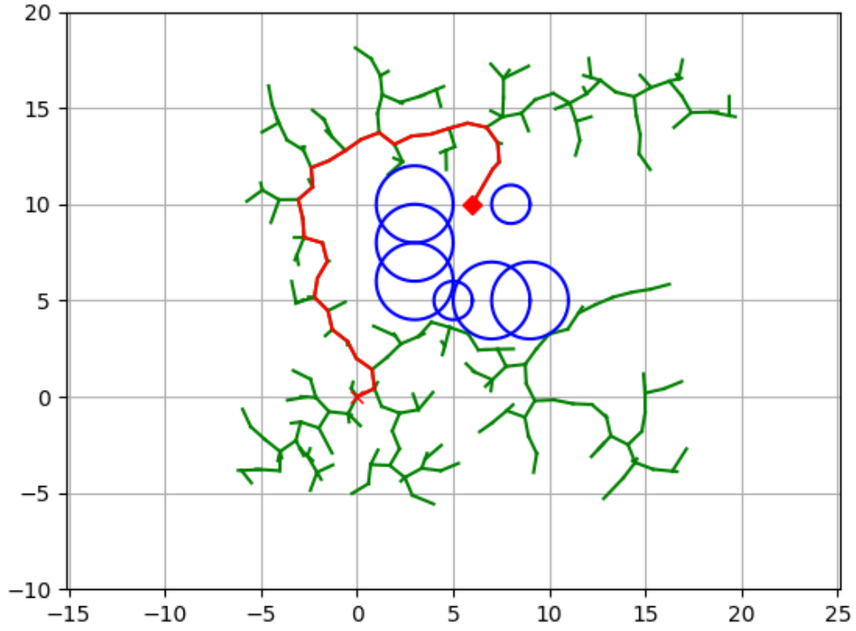
Searching based path planning

- RRT
  - Rapidly exploring random tree
    - 시작점에서 목표점까지 빠르게 도달하는 경로 생성
  - 알고리즘 순서
    ① 랜덤 노드 생성
    ② 랜덤 노드로부터 가장 가까운 노드 선택
    ③ 랜덤노드로 향하는 방향(직선) 으로 step 만큼 늘려 새로운 노드 생성
    ④ 장애물과의 충돌 체크 후 (Euclidean distance 기반) 새로운 노드로 트리에 추가
    ⑤ ① ~ ④ 목적지에 도달할때까지 진행



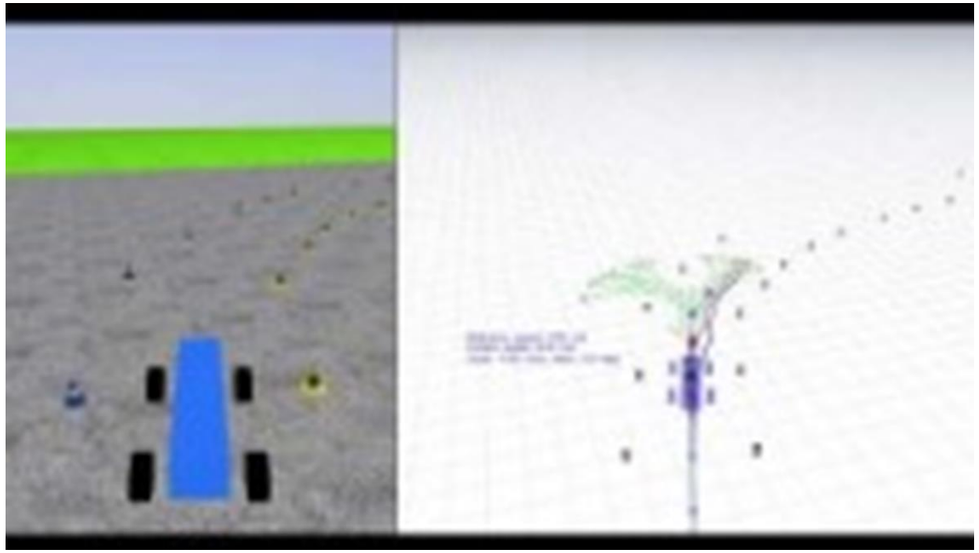
Searching based path planning

- RRT
  - Result
    - RRT 알고리즘을 이용한 예시 결과
    - Green line : 트리에 추가된 node, edge
    - Blue circle : 장애물
    - Red line : optimal path



Searching based path planning

- RRT
  - Example
    - Video: https://youtu.be/kjssdifsODQ
    - Code: https://github.com/MaxMagazin/ma_rrt_path_plan



Searching based path planning

- RRT*
  - RRT 개선 - Rewiring
    - RRT* 는 RRT 와 다르게 트리내의 노드를 대체하여 cost 를 줄일 수 있는 경우 기존 노드를 대체하여 트리를 구성
    - 따라서 기존 RRT 보다 최적의 경로 생성 가능

  - 알고리즘 순서
    ① 랜덤 노드 생성
    ② 랜덤 노드로부터 가장 가까운 노드 선택
    ③ 랜덤노드로 향하는 방향으로 step 만큼 늘려 새로운 노드 생성
    ④ 장애물과의 충돌 체크 후 (충돌이 없을 시)
    새로운 노드로부터 가까운 노드들 선택 (특정 반경 내), (c)
    가까운 노드들 중 lowest cost 를 가진 노드를 새로운 노드와 연결하며 새로운 노드의 부모 노드로 설정, (d)
    가까운 노드들 중 새로운 노드를 부모 노드로 할 때 더 낮은 cost 를 갖는 노드가 있는지 탐색, (e)
    있다면 트리 재구성 (rewiring) 진행, (f)
    ⑤ 목적지에 도달할 때까지 ① ~ ④ 진행

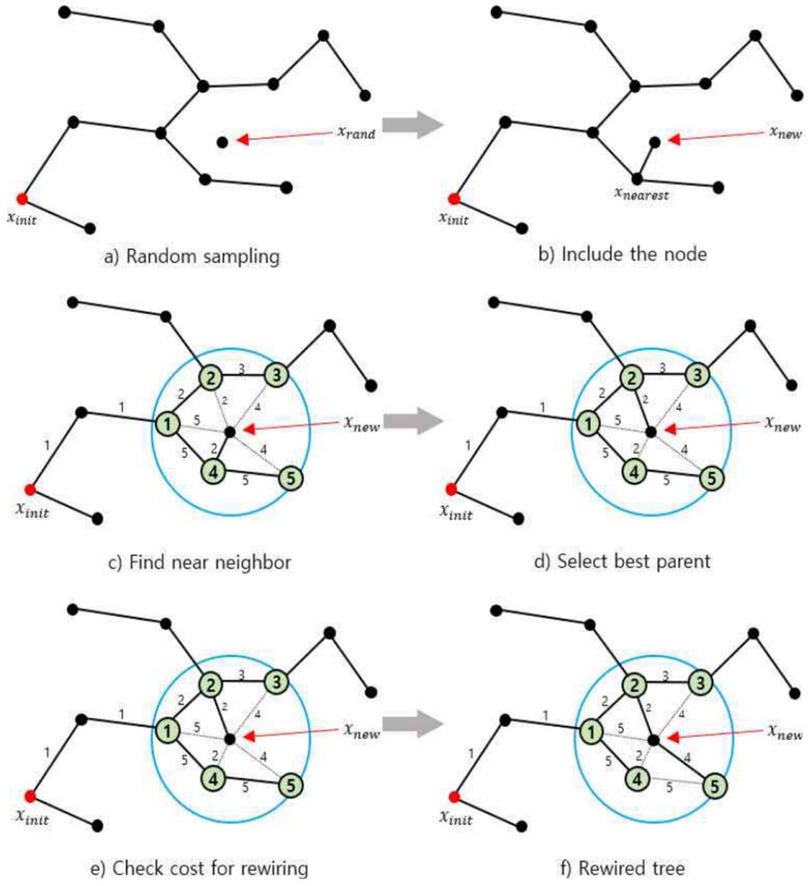
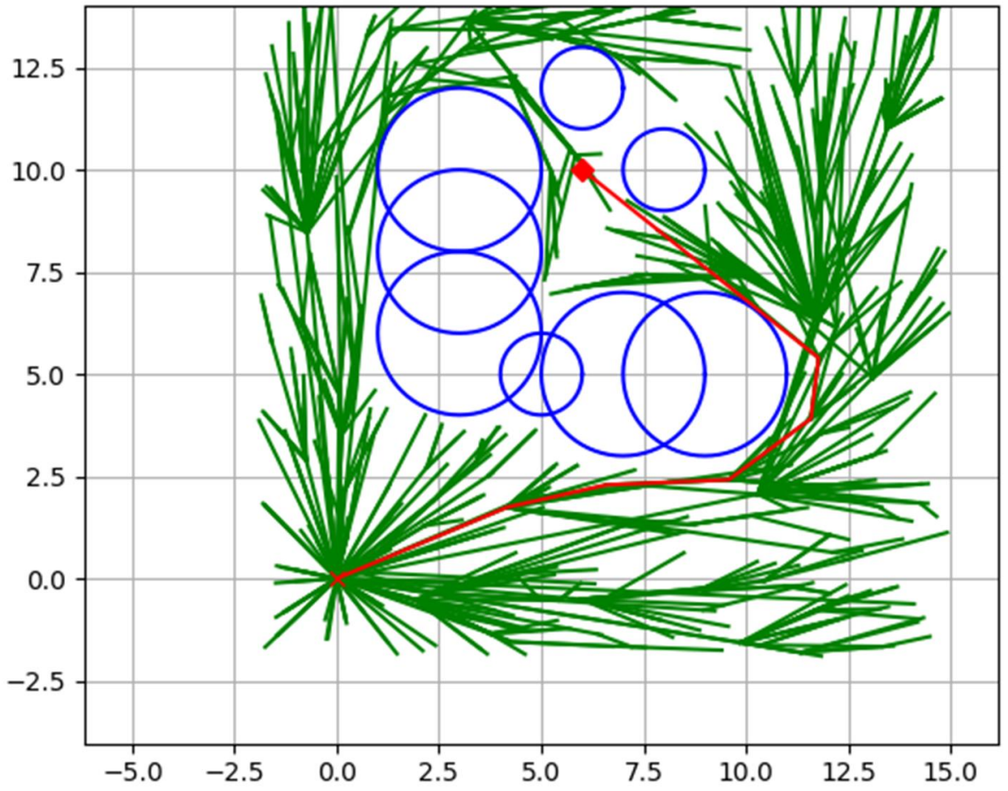


Figure 1. RRT* 알고리즘 과정

Refs : https://msc9533.github.io/irl-study-2020/algorithm/2020/04/24/RRT_RRTstar.html
탁형태 et el. 최적 경로 계획을 위한 RRT*-Smart 알고리즘의 개선과 2, 3차원 환경에서의 적용. 2019 ksaa.

Searching based path planning

- RRT*
  - RRT* result
    - Green line : 트리에 추가된 node, edge
    - Blue circle : 장애물
    - Red line : optimal path
    - 트리 재구성 파트를 통해 path 가 반듯하게 펴진 형태



Ref : https://github.com/AtsushiSakai/PythonRobotics#support

Searching based path planning

- Connection method : Dubis path
  - Dubins path
    - 두 점 (A, B) 가 주어졌을때, curvature constraint 를 고려하여 두 점을 잇는 shortest curve 를 말함
    - Forward 방향으로만 이동 가능하며 right, straight, left 의 세 조합으로 구성
    - Optimal path 로 총 6 type 존재 (RSR, RSL, LSR, LSL, RLR, LRL)
    - Ref : https://en.wikipedia.org/wiki/Dubins_path

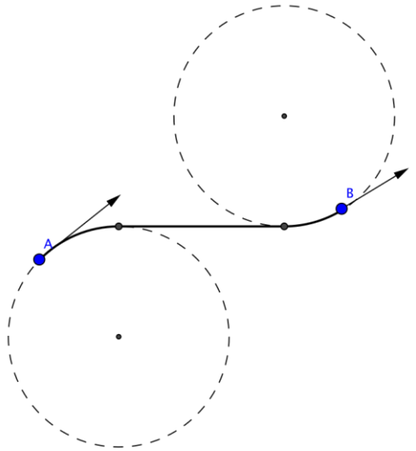


Figure 1. RSL Dubins path 예시

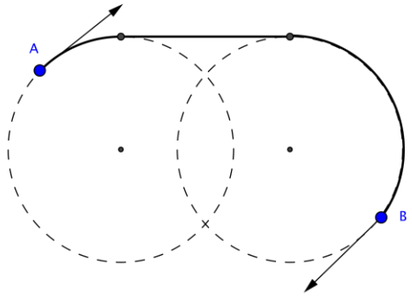


Figure 2. RSR Dubins path 예시

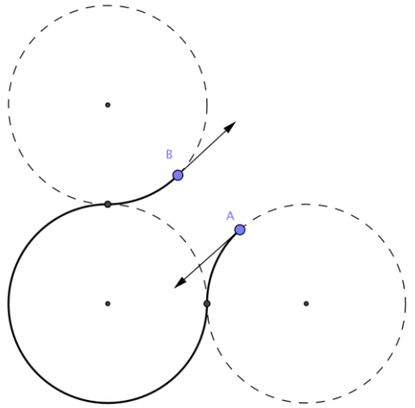
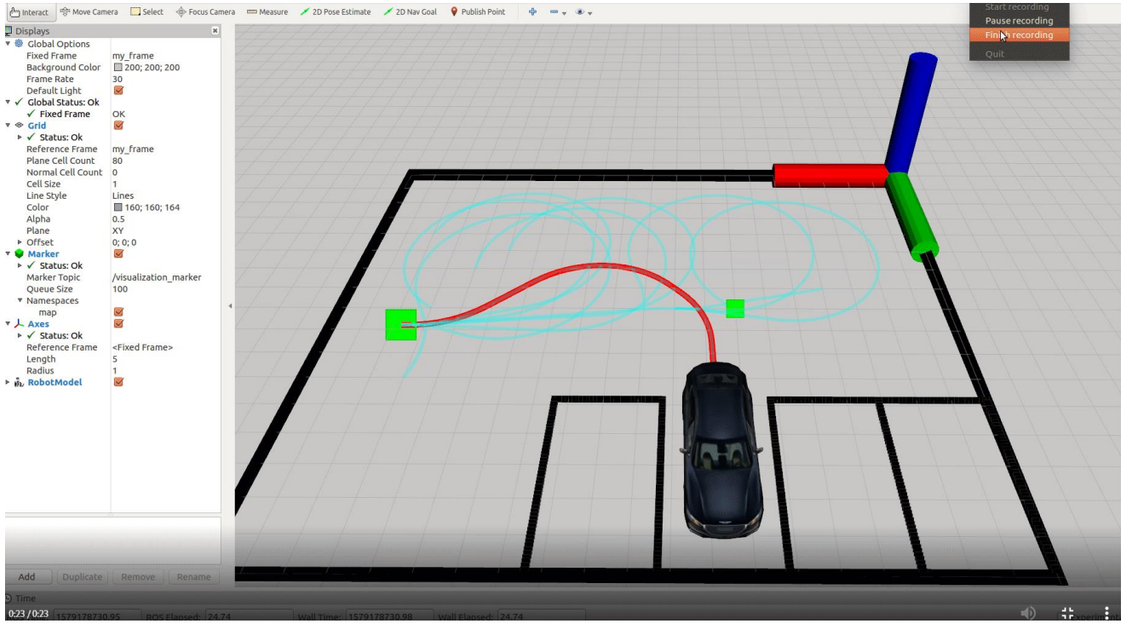


Figure 3. LRL Dubins path 예시

Searching based path planning

- RRT* with Dubins path
  - Example
    - 전진 주차 시나리오
    - RRT* 알고리즘에서 expansion 시 단순한 직선이 아니라 Dubins path 이용
    - 따라서 차량이 전진주행을 통해 tracking 가능한 경로가 생성됨



Searching based path planning

- Connection method : CCRS
  - Reeds-sheep path
    - 원과 직선의 조합으로 path 를 생성
    - Forward 와 reverse 방향 모두 가능
    - Optimal path 로 총 46 type 존재
    - 조합의 사이사이에서 차량이 정지한 후 조향각을 바꾸고 다시 이동해야 함
      (curvature 가 연속적이지 않기 때문)

  - Continuous curvature reeds-sheep path
    - Fraichard et el. From Reeds and Shepp's to continuous-curvature paths. IEEE T-R. 논문 참조
    - Continuous 한 curvature 을 갖는 Reeds-Sheep path 생성
    - gear 변속이 없는 한 조향을 바꾸기 위해 차량을 멈춰야 할 필요가 없음
      (curvature 가 연속적이기 때문)

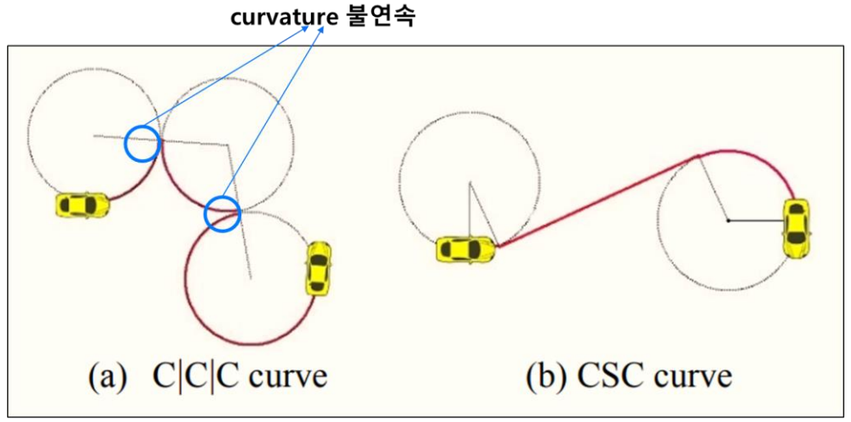


Figure 1. Reeds-Sheep path 예시

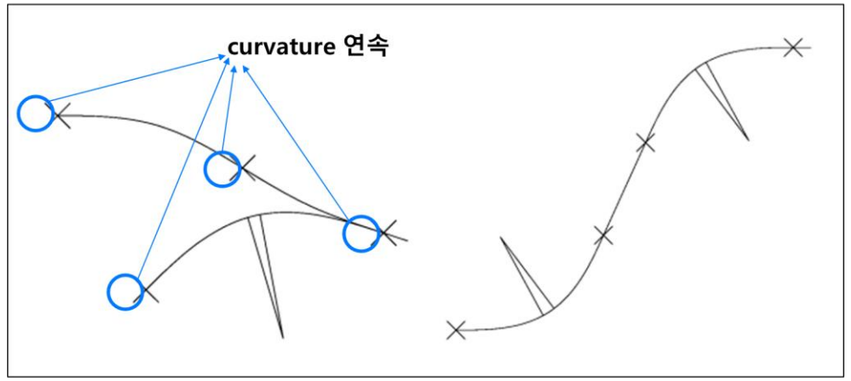
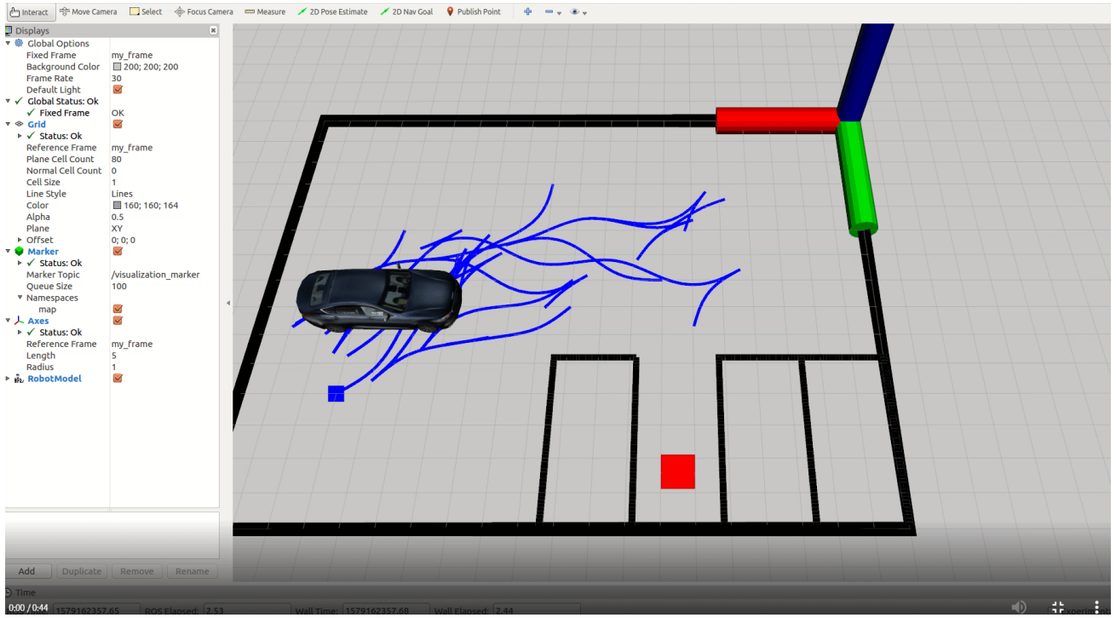


Figure 2. CC path 예시

Searching based path planning

- RRT* with CCRS
  - Example
    - 후진 주차 시나리오
    - RRT* 알고리즘에서 expansion 시 단순한 직선이 아니라 CCRS path 이용
    - 따라서 차량이 전진/후진주행을 통해 tracking 가능한 경로가 생성됨

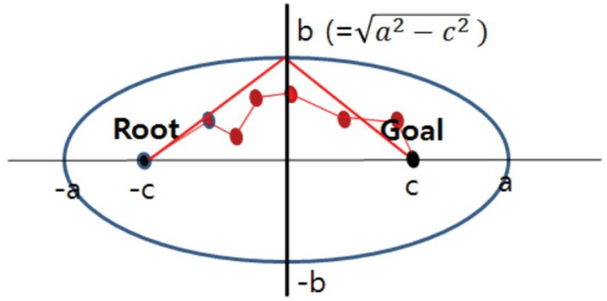


Searching based path planning

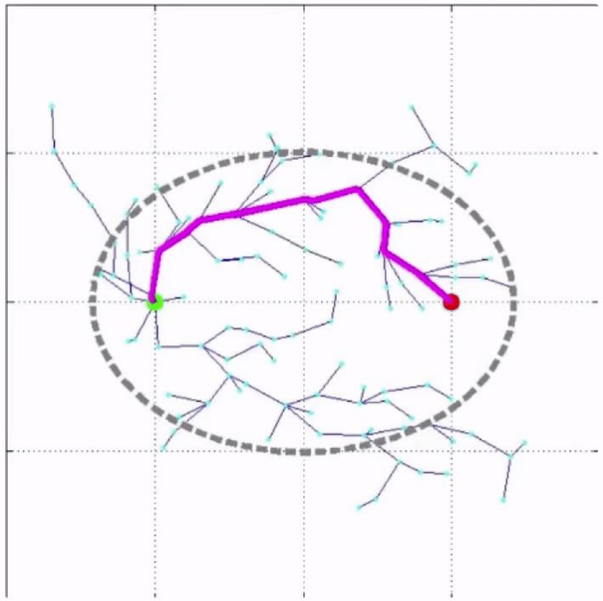
- RRT* with CCRS
  - Example
    - Video: https://youtu.be/DLjeuGgDcTM

Searching based path planning

- Informed RRT* Algorithm
  - 기존 RRT*의 단점
    - Sampling 의 효율성이 떨어짐
    - Large planning problem 에서 좋은 quality 의 solution 얻기 힘들어짐
  - Informed RRT*로 단점 개선
    - Searching area 를 제한해서 planning 효율성을 높이는 방식
    - 타원 위의 한 점에서 두 초점을 잇는 직선 길이의 합이 장축의 길이와 동일하다는 타원의 성질 이용
    - ① 우선 start 에서 goal 로 도달하는 initial solution 을 구함
    - ② 얻은 solution 의 경로 길이를 장축길이로 하며 start 과 goal 을 초점으로 하는 타원 생성
      → 타원의 특성으로 인해 타원 밖 영역에는 worse candidate 만 존재
    - ③ 타원 내부에서 sampling 을 진행하며 solution 을 발전시켜나감



(장축길이 = 경로 길이 = 2a)

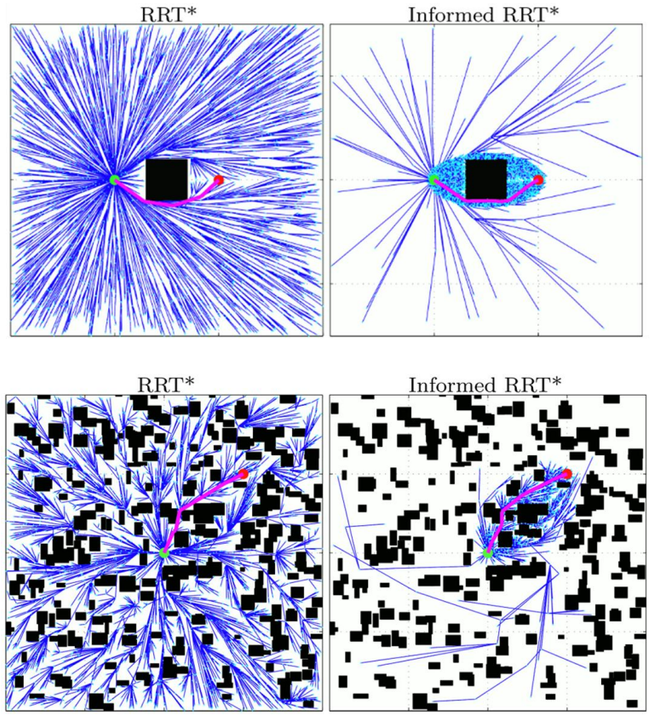


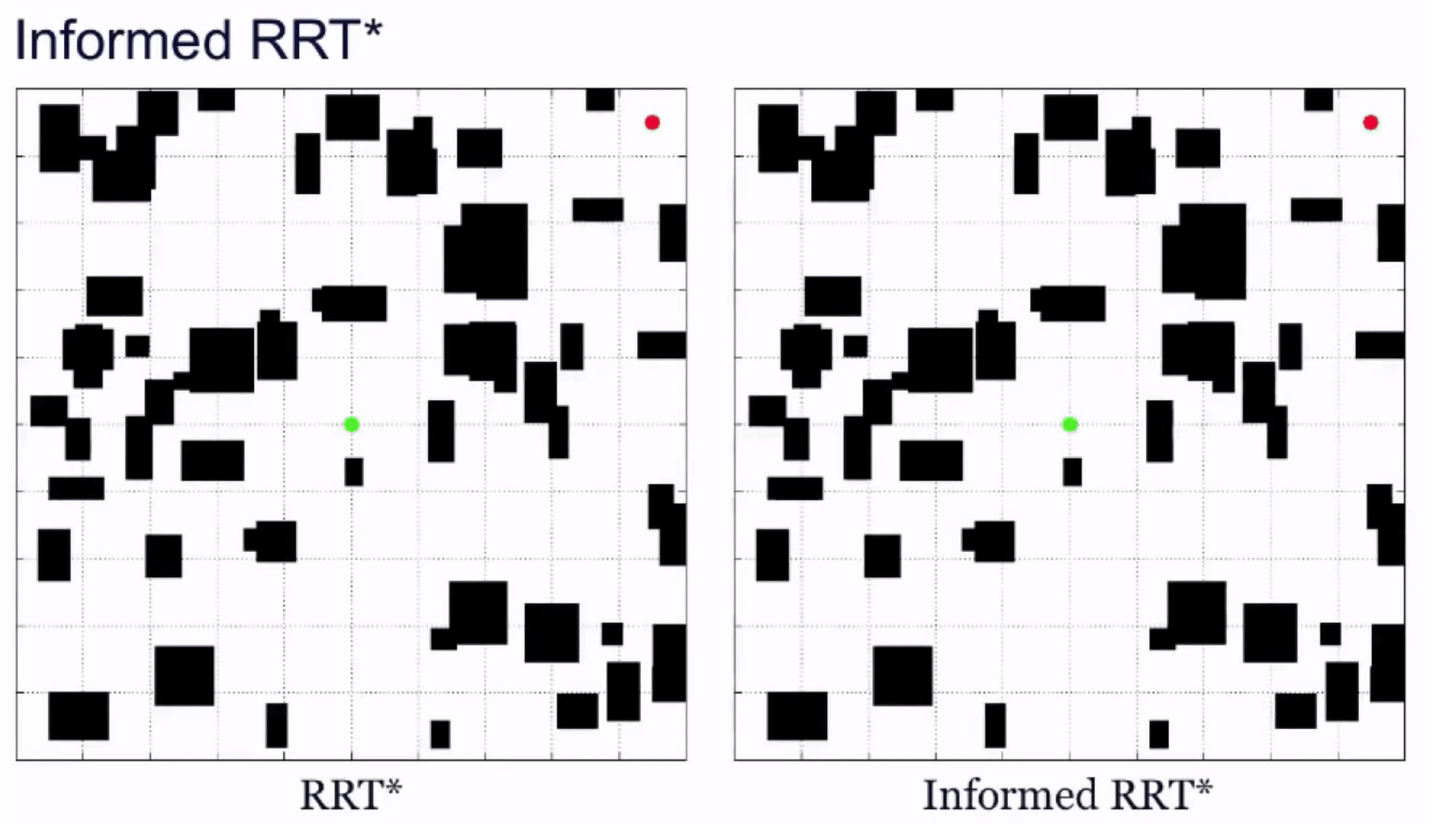
Informed RRT*

Refs : Gammell et el. Informed RRT*: Optimal Sampling-based Path Planning Focused via Direct Sampling of an Admissible Ellipsoidal Heuristic. 2014 IROS
이희범 et el. 샘플링 기법의 보완을 통한 RRT* 기반 온라인 이동 계획의 성능 개선. 2016 제어로봇시스템학회

Searching based path planning

- Informed RRT* Algorithm
  - Example





Refs : Gammell et el. Informed RRT*: Optimal Sampling-based Path Planning Focused via Direct Sampling of an Admissible Ellipsoidal Heuristic. 2014 IROS.
https://youtu.be/nsl-5MZfwu4

Searching based path planning

- NetworkX package

Powerful tool for some applications using graph structure

- It provides classes for graphs which allow multiple edges between any pair of nodes

Helpful guide for NetworkX

- https://networkx.org/documentation/stable/tutorial.html

Create graph

```
>>> import networkx as nx
>>> G = nx.Graph()
```

Add nodes

```
>>> G.add_nodes_from([
...     (4, {"color": "red"}),
...     (5, {"color": "green"}),
... ])
```

Add edge

```
>>> G.add_edge(1, 2)
>>> e = (2, 3)
>>> G.add_edge(*e)  # unpack edge tuple*
```

Contact

Mailing list
Issue tracker
Source

Releases

Stable (notes)
2.5.1 — April 2021
download | doc | pdf

Latest (notes)
2.6 development
github | doc | pdf

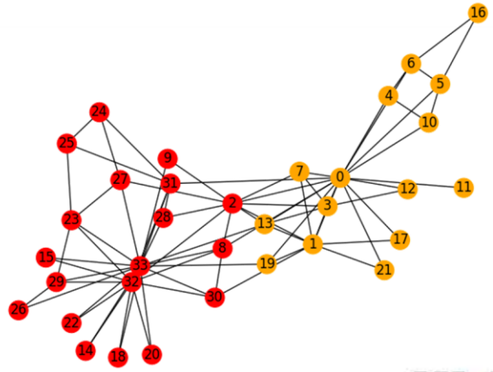
Archive

NetworkX
Network Analysis in Python

NetworkX is a Python package for the creation, manipulation, and study of the structure, dynamics, and functions of complex networks.

Software for complex networks

- Data structures for graphs, digraphs, and multigraphs
- Many standard graph algorithms
- Network structure and analysis measures
- Generators for classic graphs, random graphs, and synthetic networks
- Nodes can be "anything" (e.g., text, images, XML records)
- Edges can hold arbitrary data (e.g., weights, time-series)
- Open source 3-clause BSD license
- Well tested with over 90% code coverage
- Additional benefits from Python include fast prototyping, easy to teach, and multi-platform



HL Klemove

Thank You